

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01S 5/028

H01S 5/10

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00126951.8

[43] 公开日 2001 年 3 月 14 日

[11] 公开号 CN 1287397A

[22] 申请日 2000.9.8 [21] 申请号 00126951.8

[30] 优先权

[32] 1999.9.8 [33] JP [31] 254784/1999

[71] 申请人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 根本和彦

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

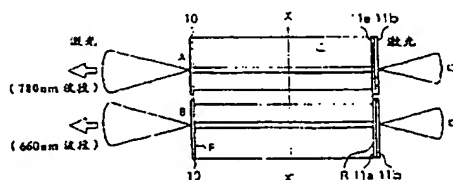
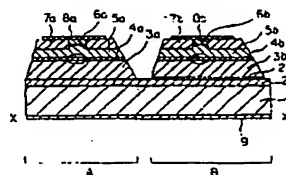
代理人 王以平

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图页数 10 页

[54] 发明名称 半导体激光器及其制造方法

[57] 摘要

一种可发射振荡波长不同的多个激光的半导体激光器及其制造方法,该半导体激光器具有位于基板上的多个成分不同的活性层,其中:具有在激光出射侧的前端面上形成的前面涂敷膜、和在所述前端面的里侧的后端面上形成的后面涂敷膜,该后面涂敷膜的反射率比所述前面涂敷膜高;所述前面涂敷膜和后面涂敷膜的膜厚分别设定为使得对于具有处于所述振荡波长的最小值和最大值之间的预定波长的光,反射率为最大值。



ISSN 1000-8424

知识产权出版社出版

权利要求书

1. 一种半导体激光器，其具有位于基板上的多个成分不同的活性层，并平行发射多个振荡波长不同的激光，其中：

该半导体激光器具有在激光出射侧的前端面上形成的前面涂敷膜、和在所述前端面的里侧的后端面上形成的后面涂敷膜，该后面涂敷膜的反射率比所述前面涂敷膜高；

所述前面涂敷膜和后面涂敷膜的膜厚分别设定为使得对于具有处于所述振荡波长的最小值和最大值之间的预定波长的光，反射率为最大值。

2. 如权利要求1所述的半导体激光器，其中：所述预定波长是所述多个激光的振荡波长的算术平均值。

3. 如权利要求1所述的半导体激光器，其中：所述前面涂敷膜由介电体构成。

4. 如权利要求1所述的半导体激光器，其中：所述后面涂敷膜由介电体构成。

5. 如权利要求1所述的半导体激光器，其中：所述前面涂敷膜包括多个层。

6. 如权利要求1所述的半导体激光器，其中：所述后面涂敷膜包括多个层。

7. 如权利要求2所述的半导体激光器，其中：所述前面涂敷膜的预定厚度设定为由 $(\lambda/2)/n_F$ 表示的值，其中 λ 是预定波长， n_F 是所述前面涂敷膜的反射率。

8. 如权利要求2所述的半导体激光器，其中：

所述后面涂敷膜是反射率为 n_{Ra} 的第一后面涂敷膜和反射率为 n_{Rb} 的第二后面涂敷膜的层叠膜；

所述第一后面涂敷膜的所述预定厚度值由式 $(\lambda/4)/n_{Ra}$ 表示，其中 λ 是预定波长；而且

所述第二后面涂敷膜的所述预定厚度值由式 $(\lambda/4)/n_{Ra}$ 表示。

9. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其中：所述活性层在第一导电型包层和第二导电型包层的层间接合部分上形成。

10. 如权利要求 9 所述的半导体激光器，其中：所述活性层具有电流狭窄结构。

11. 一种制造半导体激光器的方法，该半导体激光器具有位于基板上的至少两个振荡波长不同的激光二极管，该制造方法包括下列步骤：

在基板上依次外延生长用来形成第一激光二极管的第一包层、活性层和第二包层，以形成第一叠层体；

去除所述第一层叠体的除所述第一激光二极管之外的部分；

在基板上依次外延生长用来形成第二激光二极管的第一包层、活性层和第二包层，以形成第二叠层体；

去除所述第二叠层体的除所述第二激光二极管之外的部分，并使所述第一叠层体和所述第二叠层体在空间上分离；

在所述激光二极管上形成电极；

在所述激光二极管的激光出射侧的端面上，形成具有根据所述振荡波长的算术平均值进行优化的预定厚度值的前面涂敷膜；以及

在所述激光出射侧的里侧的端面上，形成具有根据所述振荡波长的算术平均值进行优化的预定厚度值、且其反射率比所述前面涂敷膜大的后面涂敷膜。

12. 如权利要求 11 所述的制造半导体激光器的方法，其中：所述形成前面涂敷膜的步骤和所述形成后面涂敷膜的步骤是以介电体为材料形成膜的步骤。

本发明涉及一种半导体激光器及其制造方法，该半导体激光器具有位于基板上的多个具有不同振荡波长的激光二极管。更具体地，涉及这样的半导体激光器及其制造方法，该半导体激光器具有在每个激光二极管的端面上形成的控制激光输出的反射膜。

能对不同种类的光盘进行记录和/或重放的光记录和/或重放装置，需要具有不同振荡波长的多个光源。光记录和/或重放装置通常具有一个激光二极管，但若形成多个激光二极管，就难于使装置小型化且使生产工艺变得复杂。

一般地，半导体激光器可粗分为端面发射型激光器，其发射与活性层平行的激光，和表面发射型（面发光型）激光器。

另一方面，用来在光盘上记录和重放数据的激光器在增益谱线上优选地具有多个纵模式，因为即使有多个纵模式，空间连续性也不会特别劣化，而且还因为光从盘上反射并返回激光器造成的噪声问题。端面发射型激光器的谐振器具有远大于晶体的波长，且具有大量谐振模式。因此，端面发射型适用于 CD、MD、DVD 等光盘的光拾取。



下面结合图 5 描述端面发射型半导体激光器的构造。

如图 5A 的立体图所示, 在由例如 n-GaAs 构成的基板 101 上依次层叠: 由例如 n-AlGaAs 构成的 n 包层 102、由例如 GaAs 构成的 pn 结 (活性层) 103、以及由例如 p-AlGaAs 构成的 p 包层 104。在 p 包层 104 表面的除中心处的条状区以外的部分上形成高电阻层 105。在 p 包层 104 上面的层或高电阻层 105 上形成 p 电极 106。

通过向 p 包层 104 表面离子注入 n 型杂质而形成高电阻层 105。夹在高电阻层 105 之间的条形区留作低电阻层。通过选择性地形成高电阻层 105, 可获得如图 5B 的俯视图所示的增益波导结构 (电流狭窄结构)。从而可以对电流流过的区域即产生光增益的区域进行控制。

根据上述结构的激光器, 在活性层 103 上形成谐振器。如图 5B 所示, 尽管激光 I 从前端面 F 出射, 有一部分从后端面 R 损失了。换言之, 前端面 F 和后端面 R 是镜面。

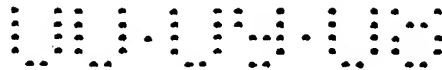
为了使端面是镜面, 通常要对半导体晶片进行切割。另外, 也可以用蚀刻代替切割来形成镜面。而且, 有时在切面上形成介电膜以控制端面的反射率并防止切割面的劣化。

作为在端面上形成的介电膜, 可采用由例如 Al_2O_3 、非晶硅、 SiO_2 或 Si_3N_4 构成的单层膜、或由这些膜的层叠膜构成的多层膜。通过改变介电膜的厚度, 可调整端面的反射率。通过使前端面 F 的反射率例如小于 30%, 后端面 R 的反射率例如大于 50%, 更优选大于 70%, 可获得高输出激光。能量转换效率、前/后端面输出之比值等取决于反射率。因此, 控制端面反射率的介电膜是半导体激光器的一个重要设计参数。

若振荡波长为 λ , 则在端面上形成的介电膜的厚度, 通常基于 $\lambda/2$ 或其奇数倍, 或 $\lambda/4$ 或其奇数倍进行设计。例如, 在图 5B 中, 若在前端面 F 上用振荡波长 λ 为 785nm、反射率 n_1 为 1.62 的 Al_2O_3 形成介电膜 108 时, 介电膜 108 的厚度 d_{108} 如下确定:

$$d_{108} = (\lambda/2)/n_1 \approx 242.3 \text{ (nm)} \quad \dots (1)$$

但是后端面 R 必须具有高反射率, 若用上述 Al_2O_3 等作为单层,



由于反射率总是低于 50%，所以要形成多个介电膜。如图 5B 所示，若振荡波长 λ 为 785nm，当形成例如 Al_2O_3 作为第一介电膜 109a，非晶硅膜作为第二介电膜 109b，这些层的厚度例如可如下确定。反射率 n_1 为 1.62 的 Al_2O_3 膜的厚度 d_{109a} 为：

$$d_{109a} = (\lambda/4)/n_1 \approx 121.1(\text{nm}) \quad \dots (2)$$

而反射率 n_2 为 3.25 的非晶硅膜的厚度 d_{109b} 为：

$$d_{109b} = (\lambda/4)/n_2 \approx 60.4(\text{nm}) \quad \dots (3)$$

图 6 示出在前端面 F 上形成的 Al_2O_3 的厚度和前端面 F 的反射率的关系。图 7 是在后端面 R 上形成的 Al_2O_3 膜和非晶硅膜的厚度和后端面 R 的反射率的关系。在图 6 和 7 中振荡波长 λ 都设为 785nm。

如图 6 所示，通过使前端面 F 的介电膜的厚度为上述 d_{108} ，使后端面 R 的介电膜的厚度为上述 d_{109a} 和 d_{109b} 的结合，可使反射率为最大。因此，可以减小因成膜时的波动带来的反射率的波动。

通过使在端面上形的介电膜的厚度基于 $\lambda/2$ 或其奇数倍、或 $\lambda/4$ 或其奇数倍、或它们的组合而形成，即使在因形成介电膜的波动导致厚度或折射率有波动时，也可以容易地获得稳定的反射率。

在多波长单片半导体激光器的场合，理想的介电膜可用上述相关技术的方案在振荡波长不同的多个激光二极管上形成。

但是，在这种情况下，生产工艺变得复杂，生产步骤的个数增加成为问题。当在同一个基板上形成例如 CD 重放激光二极管和 DVD 重放激光二极管时，其中一个例如 DVD 激光二极管（波长 650nm）的端面被掩蔽，在这种状态下，在 CD 激光二极管（波长 780nm）的端面上形成介电膜。

为了避免上述情形中的生产步骤个数的增加，有这样的方法，使端面涂层的优化波长与一个激光二极管相匹配，同时，在同一基板的多个激光二极管上形成端面涂层。但是，在这种情况下，虽然对于设计波长的激光二极管可获得抵制膜波动的稳定反射率，但却牺牲了其它的激光二极管的反射率稳定性。

该方法还考虑了通过计算针对每个激光二极管的优化厚度，并形

成具有其厚度是这些值的最小公倍数的同一介电膜，也可以减小单片形成的多个激光二极管的端面的介电膜的反射率的波长。

图 8 示出介电膜厚度变化时反射率的周期变化的例子。图 8 是由 Al_2O_3 构成的介电膜对于波长为 785nm 或 660nm 的激光的反射率。

介电膜对于波长为 785nm 的激光的优化厚度为如式 (1) 定义的 242.3nm。根据相同的计算，介电膜对于波长为 440nm 的激光的优化厚度为 203.7nm。在两种厚度的最小公倍数，即 1218nm 时，对波长为 785nm 和 660nm 的光的反射率成为最大值。

但是，在这种情况下，介电膜太厚，成膜时间太长，生产效率低。而且由于太厚，在成膜时波动大时，反射率的波动就变大。

本发明的目的在于提供一种半导体激光器，在同一基板上具有多个材料和成分不同的活性层，可发射多个振荡波长不同的激光，其中在多个活性层的端面上形成反射率变化小的介电膜。

本发明的另一目的在于提供一种制造上述激光器的方法。

为了实现上述目标，本发明的半导体激光器是这样的半导体激光器，其具有位于基板上的多个成分不同的活性层，并平行发射多个振荡波长不同的激光，其中：该半导体激光器具有在激光出射侧的前端面上形成的前面涂敷膜、和在所述前端面的里侧的后端面上形成的后面涂敷膜，该后面涂敷膜的反射率比所述前面涂敷膜高；所述前面涂敷膜和后面涂敷膜的膜厚分别设定为使得对于处于所述振荡波长的最小值和最大值之间的预定波长的光，反射率为最大值。

优选地，所述预定波长是所述多个激光的振荡波长的算术平均值。

优选地，所述前面涂敷膜由介电体构成。优选地，所述后面涂敷膜由介电体构成。

优选地，所述前面涂敷膜包括多个层。优选地，所述后面涂敷膜包括多个层。

优选地，所述前面涂敷膜的预定厚度设定为由 $(\lambda/2)/n_F$ 表示的值，其中 λ 是预定波长， n_F 是所述前面涂敷膜的反射率。



优选地，所述后面涂敷膜是反射率为 n_{Ra} 的第一后面涂敷膜和反射率为 n_{Rb} 的第二后面涂敷膜的层叠膜；所述第一后面涂敷膜的所述预定厚度值由式 $(\lambda/4)/n_{Ra}$ 表示，其中 λ 是预定波长；而且所述第二后面涂敷膜的所述预定厚度值由式 $(\lambda/4)/n_{Rb}$ 表示。

优选地，所述活性层在第一导电型包层和第二导电型包层的层间接合部分上形成。

优选地，所述活性层具有电流狭窄结构。。

在同一基板上形成的多个振荡波长不同的激光二极管的端面反射率可被稳定化。如果在每个激光二极管的端面上形成的介电膜的厚度是根据激光二极管的振荡波长而优化的，虽然即使介电膜厚度有波动也可获得稳定的反射率，但制造步骤变得复杂。根据本发明的半导体激光器，在多个激光二极管上形成厚度相同的介电膜。通过适当调整介电膜的厚度，可以稳定多个激光二极管的端面的反射率。

为了实现上述目的，本发明的制造半导体激光器的方法是制造在同一基板上形成有两个不同振荡波长的激光二极管的半导体激光器的方法，其特征在于包括下列步骤：在基板上依次外延生长形成第一激光二极管的第一包层、活性层和第二包层，以形成第一叠层体；去除所述第一层叠体的除所述第一激光二极管之外的部分；在基板上依次外延生长形成第二激光二极管的第一包层、活性层和第二包层，以形成第二叠层体；去除所述第二叠层体的除所述第二激光二极管之外的部分，并使所述第一叠层体和所述第二叠层体在空间上分离；在所述激光二极管上形成电极；在所述激光二极管的激光出射侧的端面上，形成具有根据所述振荡波长的算术平均值进行优化的预定厚度值的前面涂敷膜；以及在所述激光出射侧的里侧的端面上，形成具有根据所述振荡波长的算术平均值进行优化的预定厚度值、且其反射率比所述前面涂敷膜大的后面涂敷膜。

优选地，所述形成前面涂敷膜的步骤和所述形成后面涂敷膜的步骤是以介电体为材料形成膜的步骤。



和第二层叠体的成分可相互不同，且可用简单工艺形成两种波长的单片半导体激光器。而且，由于在两个半导体激光器上都形成前面介电膜和后面介电膜，可用简单的工艺制造可防止其端面反射率波动的半导体激光器。

通过下面的结合附图对优选实施方案的描述，本发明的上述和其它目的和特征更加清晰易见。

图 1A 和 1B 是本发明一个实施方案的半导体激光器的剖面图和俯视图；

图 2 是在根据本发明的一实施方案的半导体激光器的前端面上形成的介电膜的厚度和反射率的关系图；

图 3 是在根据本发明的一实施方案的半导体激光器的后端面上形成的介电膜的厚度和反射率的关系图；

图 4A - 4F 是制造根据本发明的一实施方案的半导体激光器的方法的步骤图；

图 5A 和 5B 是现有技术的端面发射型半导体激光器的分布图和俯视图；

图 6 是在图 5 的半导体激光器的前端面上形成的介电膜的厚度和反射率的关系图；

图 7 是在图 5 的半导体激光器的后端面上形成的介电膜的厚度和反射率的关系图；

图 8 是在多波长单片半导体激光器中随介电膜的厚度变化反射率的周期变化图。

下面，结合附图描述本发明的半导体激光器及其制造方法的优选实施方案。图 1A 是本实施方案的半导体激光器的剖视图，图 1B 是相应的俯视图。图 1A 是沿图 1B 的线 X - X' 的剖视图。

在本发明的半导体激光器中，如图 1A 的剖视图所示，在由 n-GaAs 构成的基板上形成 n-GaAs 缓冲层 2a。在其上形成发射波长 780nm 的



光的激光二极管 A 和发射波长 650nm 的光的激光二极管 B。激光二极管 A 的光发射部和激光二极管 B 的光发射部之间的间隔多数情况下小于 200 μm ，例如为小于 100 μm 。

在激光二极管 A 的一部分上，依次层叠由 n-AlGaAs 构成的 n 包层 3a、由 GaAs 构成的活性层 4a、由 p-AlGaAs 构成的 p 包层 5a、以及由 p-GaAs 构成的覆盖层 6a 到 n-GaAs 缓冲层 2a 上。在 p 包层 5a 的除带状中心区之外的部分上形成高电阻层 7a。结果形成增益导引型电流狭窄结构。在覆盖层 6a 的上面的部分上形成由 Ti/Pt/Au 层叠膜构成的 p 型电极 8a。而且，对于激光二极管 A 的部分和激光二极管 B 的部分同样地，在基板 1 的下面形成由 AuGe/Ni/Au 层叠膜构成的 n 型电极 9。

在激光二极管 B 的一部分上，依次层叠 n-InGaP 缓冲层 2b、由 n-AlGaInP 构成的 n 包层 3b、由 GaInP 构成的活性层 4b、由 p-AlGaInP 构成的 p 包层 5b、以及由 p-GaAs 构成的覆盖层 6b 到 n-GaAs 缓冲层 2a 上。在 p 包层 5b 的除带状中心区之外的部分上形成高电阻层 7b。结果形成增益导引型电流狭窄结构。在覆盖层 6b 的上部形成由 Ti/Pt/Au 层叠膜构成的 p 型电极 8b。

如图 1B 所示，在前端面 R 上对于激光二极管 A 部分和激光二极管 B 部分共同地，形成反射率为 1.62、厚度 d_{10} 为 222.2nm 的由 Al_2O_3 构成的介电膜 10。而且，在后端面 F 上对于激光二极管 A 部分和激光二极管 B 部分共同地，形成厚度 d_{11a} 为 111.1nm 的由 Al_2O_3 构成的第一介电膜 11a。并在其表面上形成反射率为 3.25、厚度 d_{11b} 为 55.4nm 的第二介电膜 11b。

根据本发明的半导体激光器，所有介电膜 10、11a、11b 的厚度都假定激光波长是激光二极管 A 和激光二极管 B 的振荡波长的算术平均值而进行优化的。具体而言，若激光二极管 A 发出的激光的中心波长为 785nm，激光二极管 B 发出的激光的中心波长 665nm，则根据两个值的中点 720nm 作为基准确定膜厚。

而且，随着厚度变化反射率周期性地变化，但从获得同一反射率

的多个厚度中取最小值来确定最小值。结果，可以缩短成膜时间，增加生产效率，并可通过增加厚度防止成膜时的波长太大。

若激光的波长为 720nm，则在激光二极管 A 和激光二极管 B 的前端面 F 上形成的介电膜 10 的厚度 d_{10} 的优化值可由下式确定：

$$d_{10} = (\lambda/2)/n_1 \approx 222.2(\text{nm}) \quad \cdots (4)$$

而在后端面 R 上形成的介电膜 11a 和 11b 的厚度 d_{11a} 和 d_{11b} 的优化值分别由下式确定：

$$d_{11a} = (\lambda/4)/n_1 \approx 111.1(\text{nm}) \quad \cdots (5)$$

$$d_{11b} = (\lambda/4)/n_2 \approx 55.4(\text{nm}) \quad \cdots (6)$$

图 2 是在根据本实施方案的半导体激光器的前端面上形成的介电膜的厚度和反射率的关系图；图 3 是在根据本实施方案的半导体激光器的后端面上形成的介电膜的厚度和反射率的关系图。

在图 2 和图 3 中，曲线 a 是两个激光二极管的振荡波长的算术平均值即 720nm 时的情况，b 是激光二极管 A 的振荡波长 785nm 的情况，c 是激光二极管 B 的振荡波长 660nm 的情况，b 和 c 表示出来用于比较和参照。

可参照图 2 说明在前端面 F 上形成的介电膜 10 的厚度的设定。

如上所述，在同一基板上形成激光二极管 A 和激光二极管 B 时，优选地，在波长为 785nm 的激光二极管 A 上形成的 Al_2O_3 的介电膜 10 的厚度为 242.3nm，用同样的计算方法，在波长为 660nm 的激光二极管 B 上形成的 Al_2O_3 的介电膜 10 的厚度为 203.7nm。这些值与图 2 中的曲线 b 和 c 中反射率到达最大值时的厚度相当。

但是，若在激光二极管 A 和 B 上形成不同厚度的介电膜 10，生产工艺会变得复杂。因此，若基于例如激光二极管 B 的振荡波长对介电膜 10 的厚度进行优化，厚度为 203.7nm。如图 2 所示，在厚度为 203.7nm 时曲线 c 到达最大值，在 $203.7\text{nm} \pm 5\%$ 的范围内可获得 33.5% 的反射率。而且，由于它与反射率的最大值接近，即使厚度有波动和固成膜造成折射率波动时，反射率只有很小的变化。

另一方面，如图 2 的曲线 b 所示，在激光二极管 A 的振荡波长

785nm 处, 若介电膜 10 的厚度为 $203.7\text{nm} \pm 5\%$, 反射率为 26.7%。曲线 b 在厚度 242.3nm 处有最大值, 在 203.7nm 附近有明显下降。与在最大值附近相比, 厚度在 203.7nm 附近时由于成膜时的波动反射率经常有较大的变化。

若基于两个振荡波长的算术平均值即 720nm 对厚度进行优化, 则厚度 d_{10} 成为 222.2nm。从曲线 b 和 c 在厚度 $222.2\text{nm} \pm 5\%$ 处的值可看出, 对于波长 785nm 的光反射率为 30.5%, 对于波长 660nm 的光反射率为 31.8%。而且对于曲线 b 和 c, 厚度 d_{10} 都接近最大值, 反射率的波动小。

下面参照图 2 解释在后端面 R 上形成的介电膜 11a 和 11b 的厚度的设定。如上所述。优选地, 在波长为 785nm 的激光二极管 A 上形成厚度为 121.1nm 的 Al_2O_3 的第一介电膜 11a 和厚度为 60.4nm 的非晶硅的第二介电膜 11b, 用同样的计算方法, 在波长为 660nm 的激光二极管 B 上形成厚度为 101.9nm 的 Al_2O_3 的第一介电膜 11a 和厚度为 50.8nm 的非晶硅的第二介电膜 11b。结果, 如激光二极管 A 的曲线 b 和激光二极管 B 的曲线 c 所示, 在最大值处可获得大于 70% 的反射率。

但是, 由于在后端面 R 上形成的介电膜是多层, 与在这些激光二极管的前端面 F 上形成不同厚度的介电膜 10 相比, 上述的在激光二极管上形成不同厚度的介电层 11a 和 11b 时, 制造步骤增加的更多。

若使两个激光二极管的介电膜 11a 和 11b 的厚度相同, 基于一个激光二极管优化厚度以避免制造步骤的增加, 则有以下缺点:

例如, 若基于激光二极管 A 的振荡波长, 取曲线 b 达到最大值的厚度, 在曲线 b 上反射率为 65% 左右, 而在曲线 c 上由于不接近最大值反射率有较大的波动。即, 在激光二极管 B 中不能获得稳定的反射率。

另一方面, 若基于激光二极管 B 的振荡波长, 取曲线 c 为最大值时的厚度, 同样地在激光二极管 A 中不能获得大于 70% 的稳定反射率。

根据本发明的半导体激光器, 如曲线 a 所示, 假设振荡波长为 720nm 对介电膜 11a 和 11b 的厚度进行优化。即, 介电膜 11a 和 11b

的厚度之和设为 $167.0\text{nm} \pm 5\%$ ，此时反射率为最大值。在该厚度范围内，在曲线 b 上反射率为 75.0%，在曲线 c 上为 75.5%，都接近其最大值。因此，在激光二极管 A 和激光二极管 B 中可获得足够大的反射率，可以减少因厚度波动等造成的反射率波动。

下面，说明制造如上所述的该实施方案的半导体激光器的方法。

首先，如图 4A 所示，利用诸如有机金属汽相外延生长法 (MOVPE) 的外延生长法，在由例如 n-GaAs 构成的基板 1 上，依次层叠由例如 n-GaAs 构成的缓冲层 2a、例如 n-AlGaAs 构成的 n 包层 3a、含有例如 GaAs 层的多量子阱结构的活性层 4a、由例如 p-AlGaAs 构成的 p 包层 5a、由例如 p-GaAs 构成的覆盖层 6a。

其次，如图 4B 所示，用光刻胶（未示出）保护激光二极管 A 部分，进行湿法蚀刻，如用硫酸系溶液进行非选择性蚀刻，或用氟酸系溶液对 AlGaAs 进行选择性的蚀刻。用蚀刻从在激光二极管 B 部分上形成的 n 包层上除去上述层叠体。

然后，如图 4c 所示，用诸如有机金属汽相外延生长的外延生长法，在激光二极管 B 的缓冲层 2a 及其它部分上的覆盖层 6a 上，形成由例如 n-AlGaP 构成的缓冲层 2b。接着，在其上依次层叠形成由例如 n-AlGaInP 构成的 n 包层 3b、包括例如 GaInP 层的具有多量子阱结构的活性层 4b、由例如 p-AlGaInP 构成的 p 包层 5b、以及由 p-GaAs 构成的覆盖层 6b。

然后，如图 4D 所示，在用光刻胶（未示出）保护激光二极管 B 之后，用湿法蚀刻，例如用硫酸系溶液，去除除激光二极管 B 部分之外的部分上的覆盖层 6b。而且，通过湿法蚀刻，例如用磷酸/盐酸系溶液去除除激光二极管 B 部分之外的部分上的 p 包层 5b、活性层 4b、n 包层 3b 和缓冲层 2b。然后，用盐酸湿蚀刻形成到达缓冲层 2a 的沟道。由此，把激光二极管分离开来。

接着，如图 4E 所示，用光刻胶（未示出）保护激光二极管的成为电流注入区域的部分，向 p 包层 5a 和 5b 离子注入 n 型杂质。从而在离子注入区形成高电阻层 7a 和 7b，得到增益导引型电流狭窄结构。

然后，如图 4F 所示，在覆盖层 6a 和 6b 上通过溅射形成由例如 Ti/Pt/Au 构成的层叠膜，形成激光二极管 A 和 B 上的 p 型电极 8a 和 8b。而且，在基板 1 的与形成激光二极管 A、B 的一侧相反的另一侧上，用溅射形成由例如 AuGe/Ni/Au 构成的多层膜，作为 n 型电极 9。

然后，通过球化工艺，得到在同一基板 1 具有不同振荡波长的两个激光二极管的图 1A 所示的截面结构。

然后，如图 1B 的俯视图所示，在前端面 F 上形成介电膜 10，其具有基于激光二极管 A 和激光二极管 B 的算术平均值的预定厚度。同样地，在后端面 R 上形成介电膜 11a 和 11b，其具有基于激光二极管 A 和激光二极管 B 的算术平均值的预定厚度。这些介电膜通过例如溅射形成。

由上述工艺就可形成本实施方案的半导体激光器。

根据上述制造半导体激光器的方法，可用简单工艺形成具有不同波长的多个单片激光器二极管，并在各激光二极管的前和后端面上形成反射率波动小的介电膜。通过在激光器二极管的端面上形成预定厚度的介电膜，可以控制能量转换效率、激光器二极管的前/后端面输出比，并保护端面。

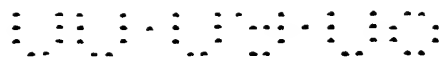
而且，根据制造本方案的半导体激光器的方法，对于相同的反射率，可以在多个厚度值中设置最小值。因此，成膜时间可以缩短，生产效率提高。而且可以防止因厚度增加使成膜时的波动过大。

本发明的半导体激光器及其制造方法的实施方案并不限于上面的解释。例如，上面的实施方案说明了波长 780nm 和 650nm 结合的情形，但也可以是另外的波长的结合。

而且，本发明还可用于具有三个或更多激光二极管的单片半导体激光器。例如，可以设定三个振荡波长的算术平均值，并基于这些介电膜的反射率来确定介电膜的厚度。

除此之外，还可以在本发明的范围内做出种种变更。

根据本发明的半导体激光器，可以提供这样的半导体激光器，即可发射多个振荡波长不同的激光，减小多个活性层的端面上的反射率变



化，并且稳定多个振荡波长不同的激光的输出。

根据本发明的制造半导体激光器的方法，可以在多波长单片半导体激光器的端面上用简单工艺形成对于多个振荡波长不同的激光其反射率稳定的介电膜。

虽然为了说明，结合特定实施方案对本发明进行了描述，很显然，对本领域技术人员而言，在不脱离本发明基本构思和范围的前提下可以做出种种变更。

说明书附图

图 1A

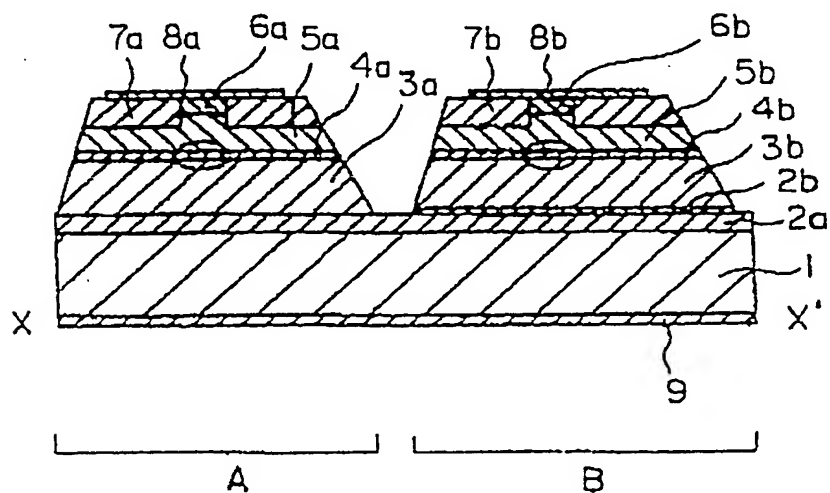


图 1B

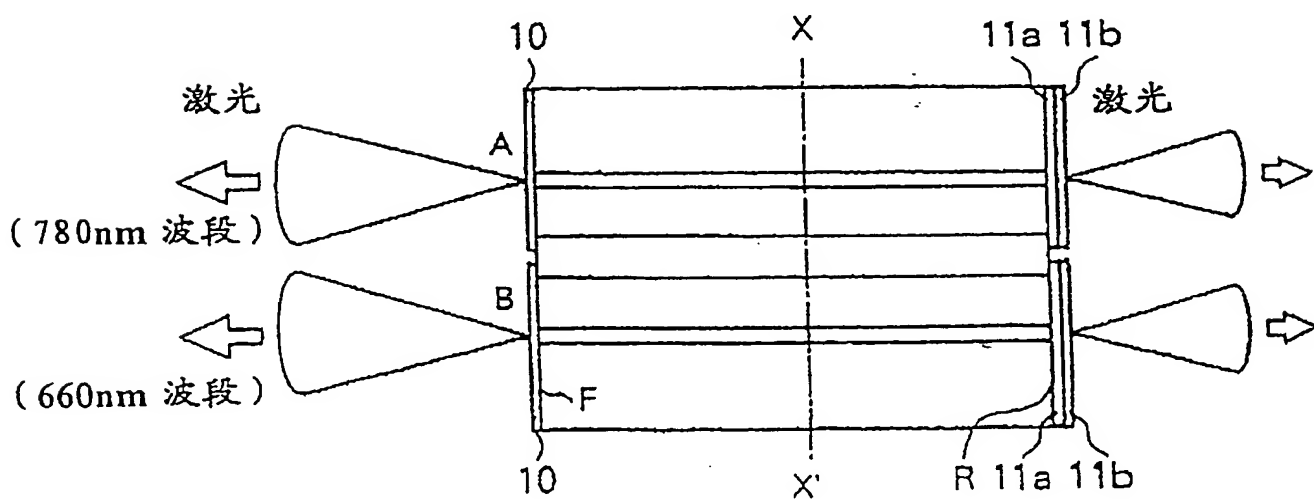


图 2

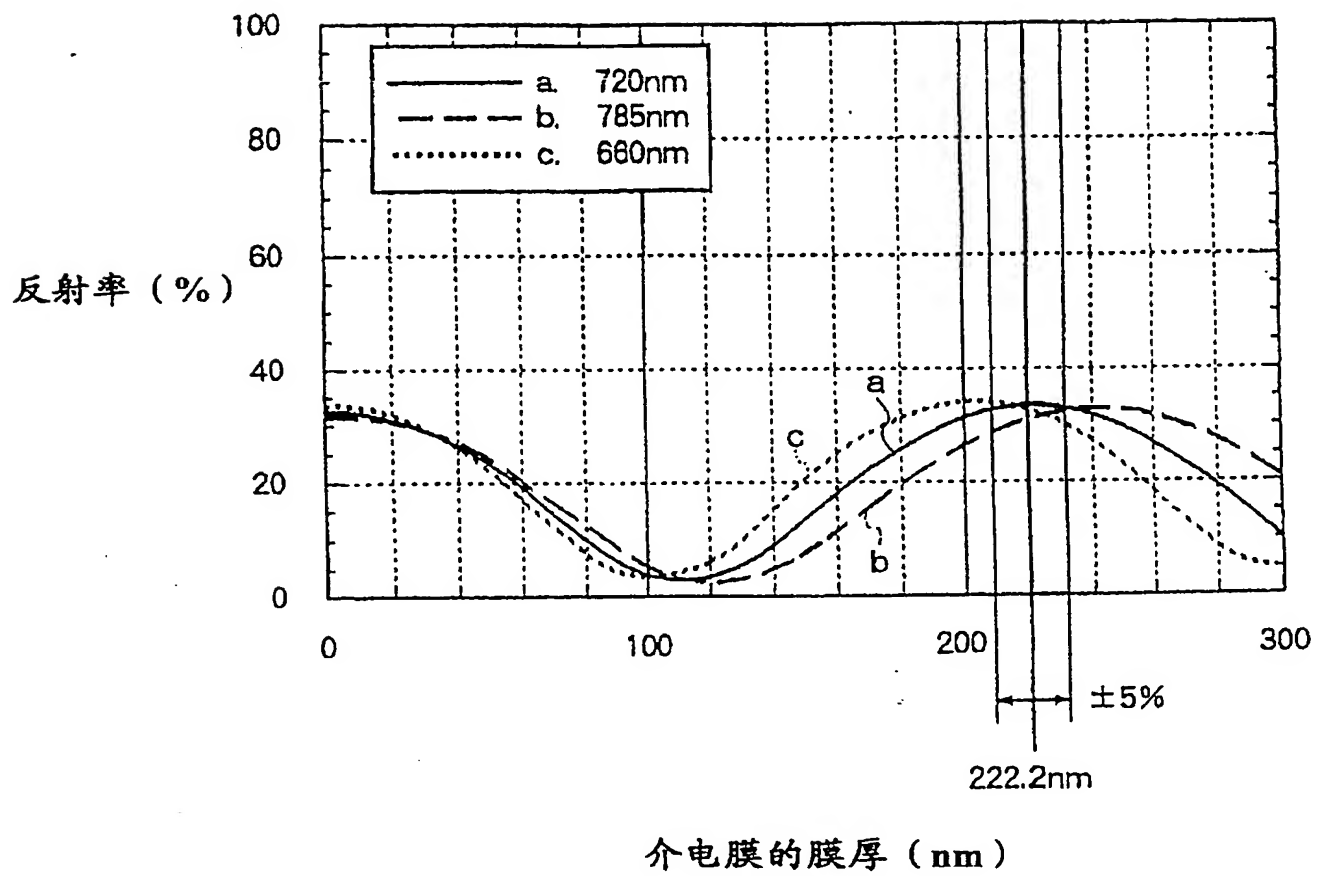


图 3

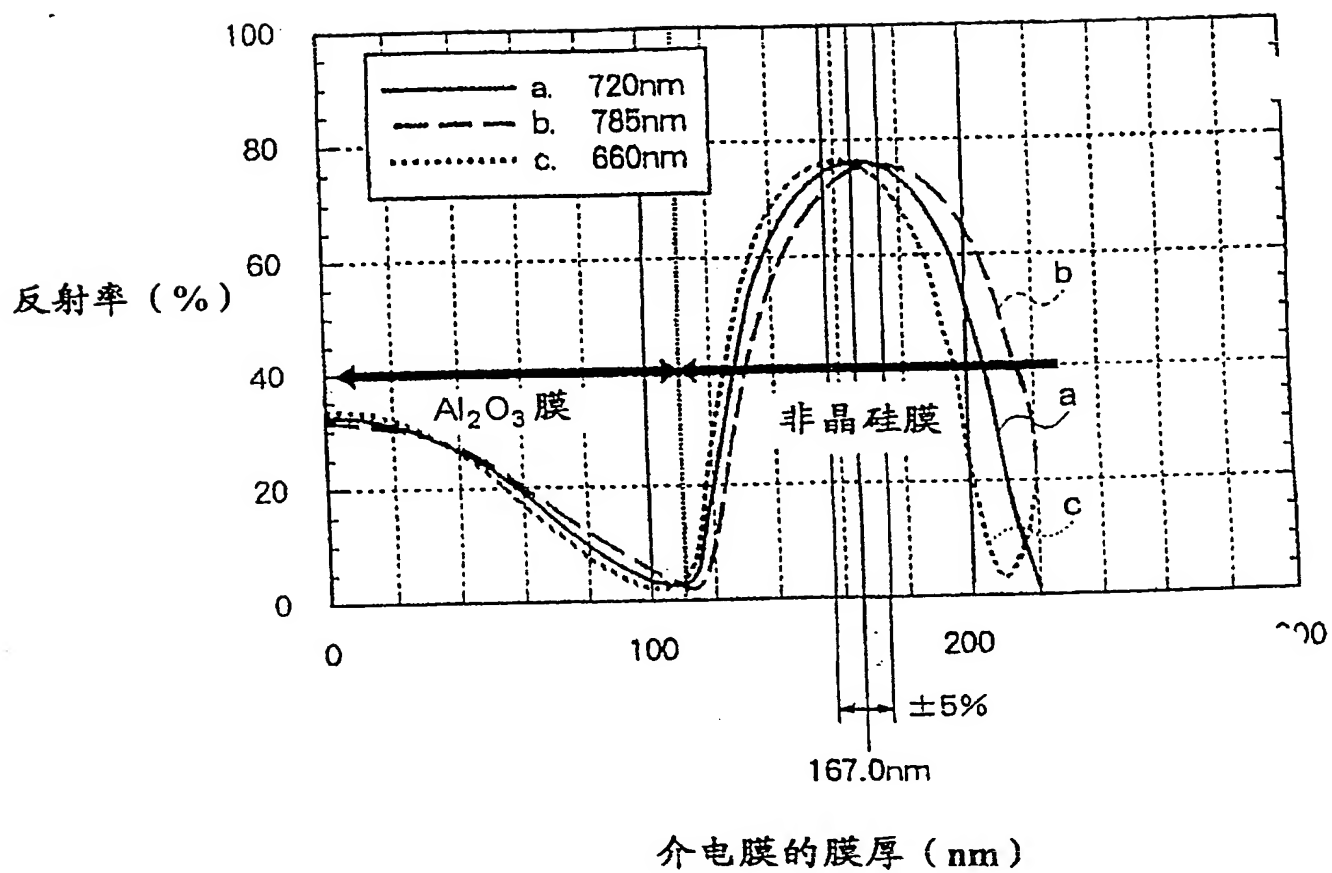


图 4A

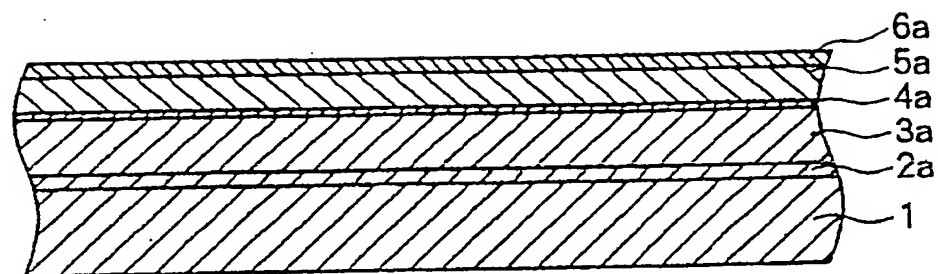


图 4B

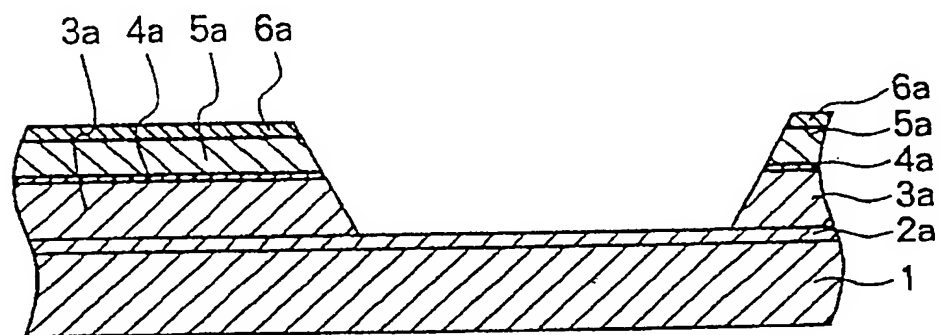


图 4C

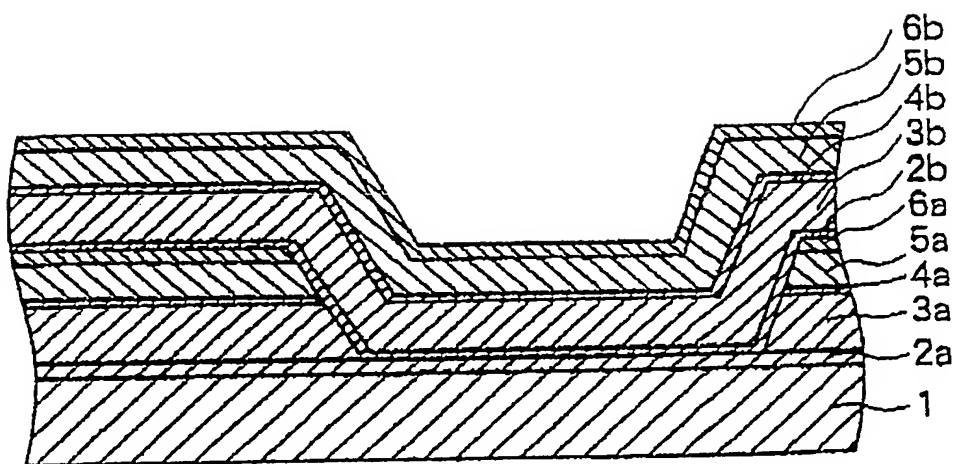


图 4D

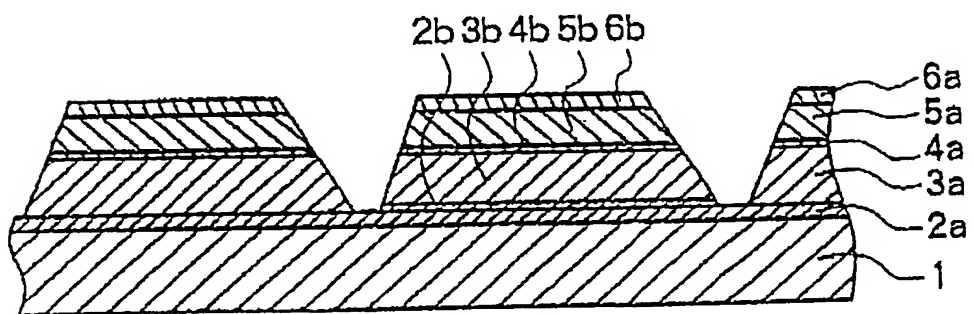


图 4E

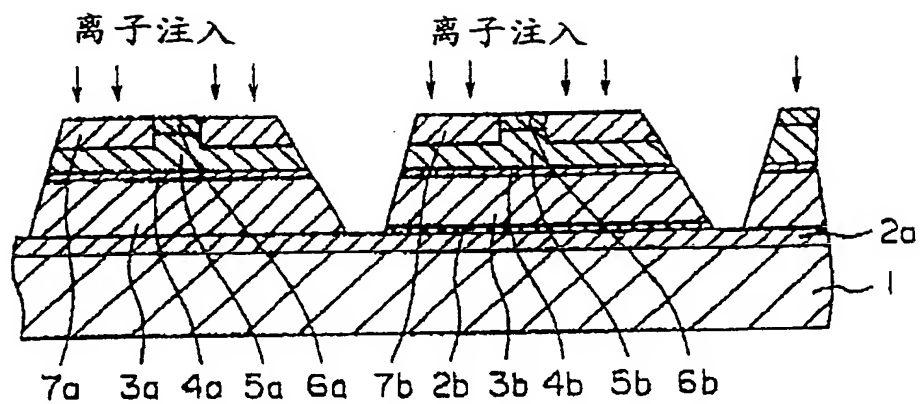


图 4F

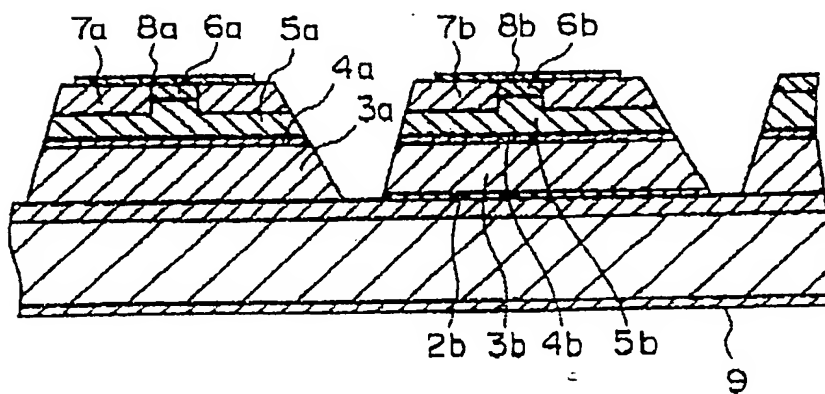


图 5A

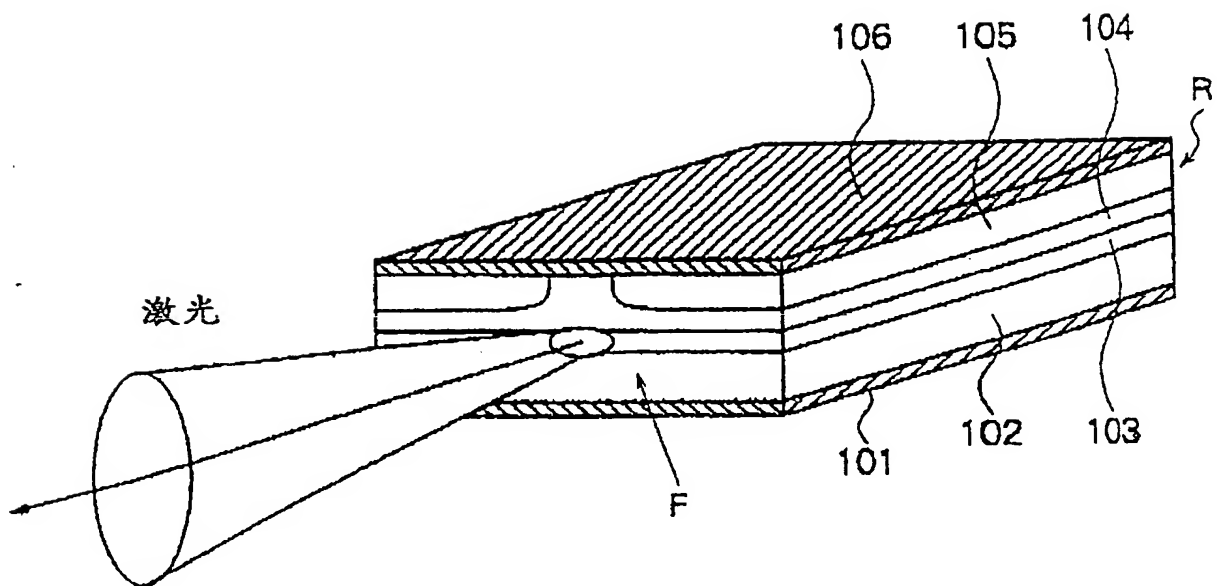


图 5B

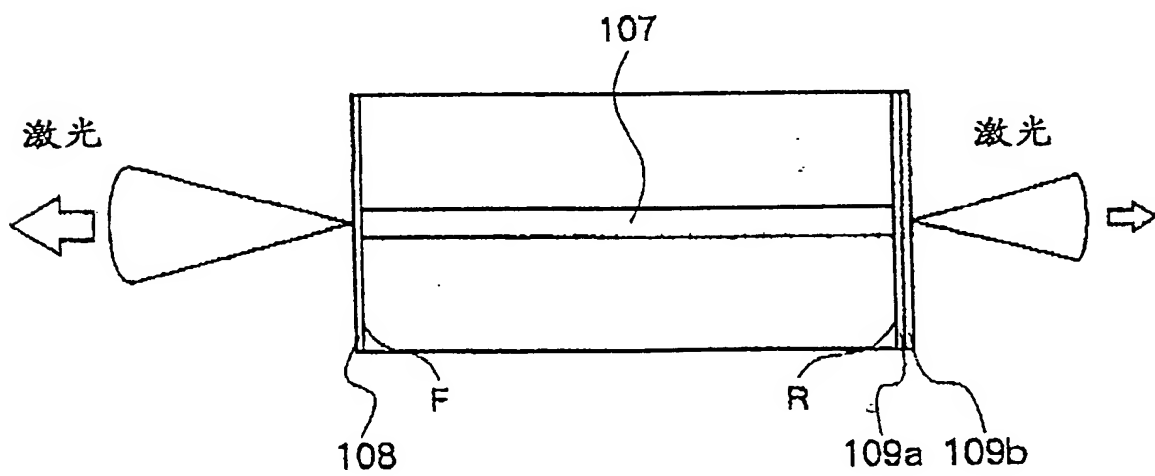


图 6

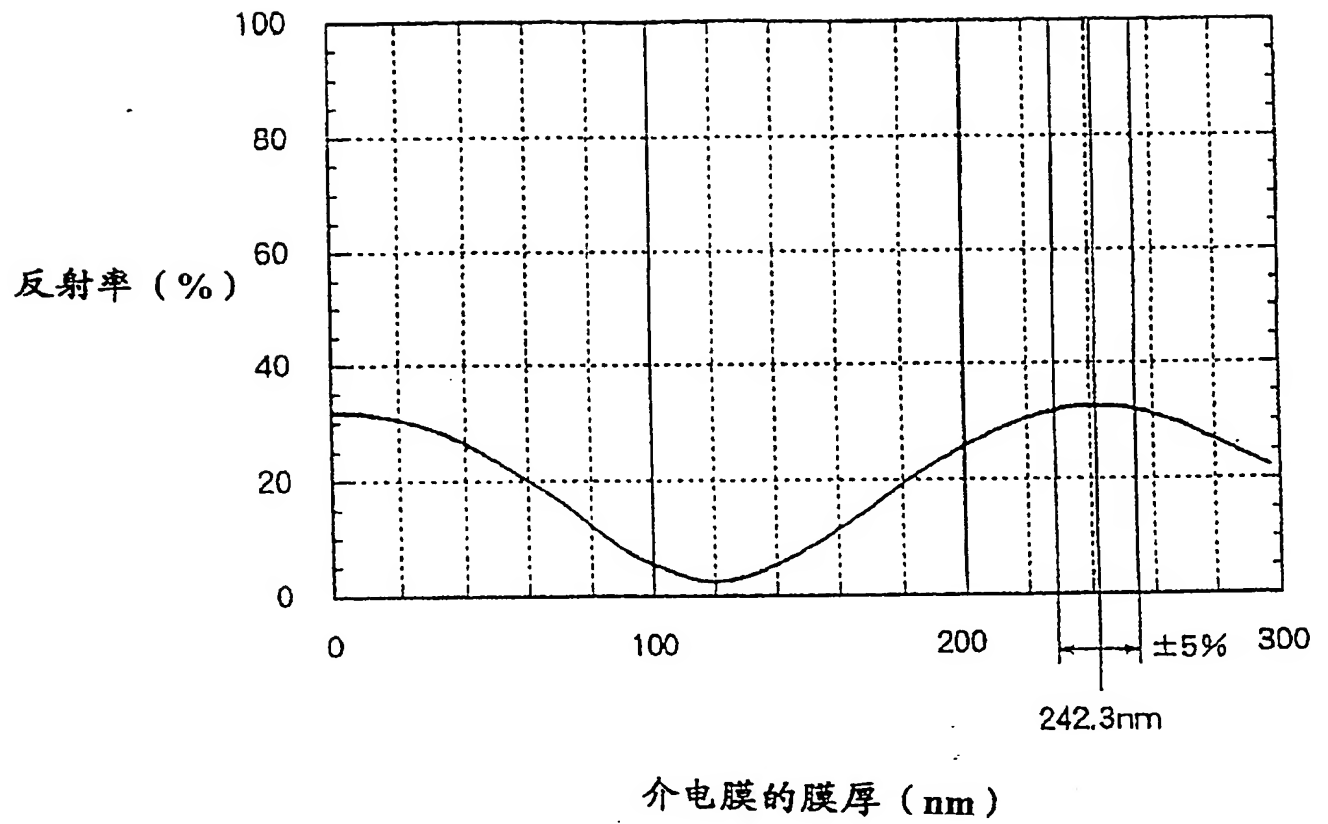


图 7

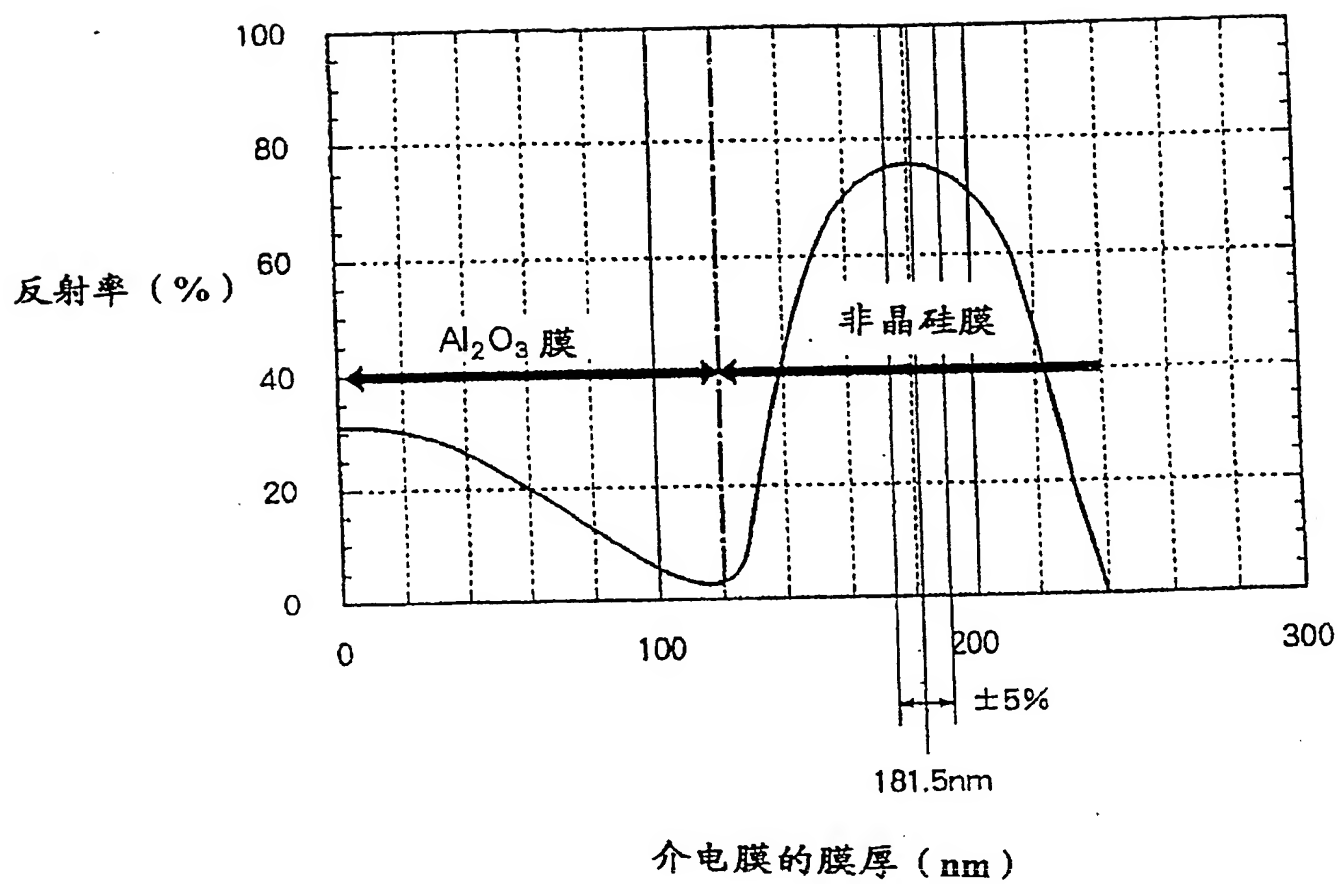
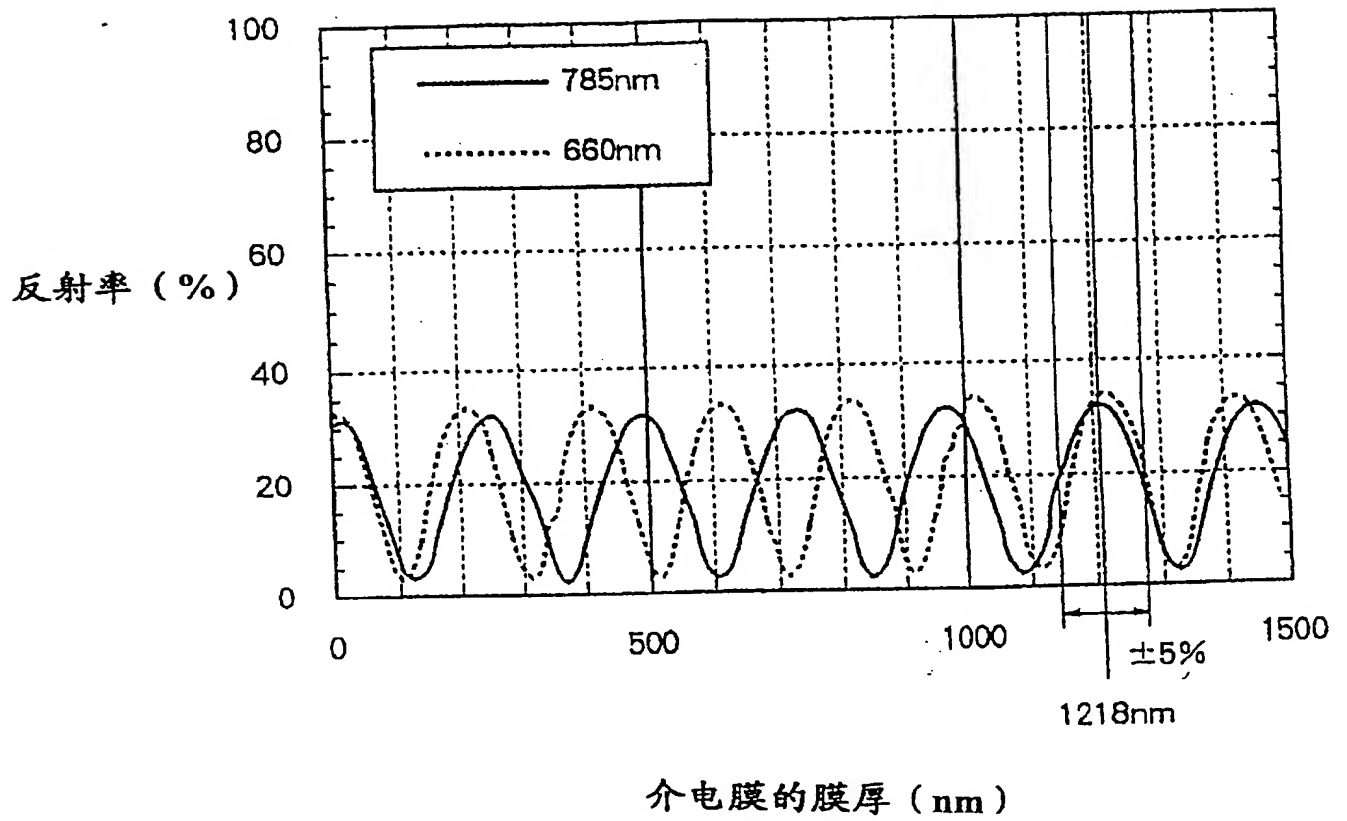


图 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.